MATENIMIENTO DE SUBESTACIONES

Montevideo - Uruguay

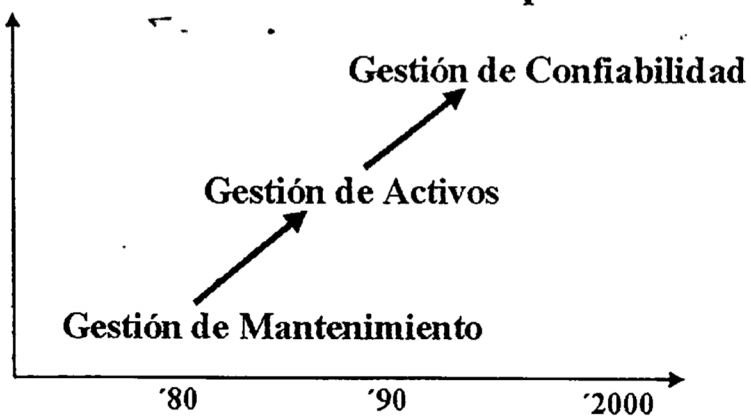
1/12/00

OIM
Optimización Integral del Mantenimiento

Ing. Santiago Sotuyo Blanco
Ellmann y Asociados Uruguay

Actividad sobre Mantenimiento de Subestaciones
IEEE
Diciembre 2000

Evolución de Conceptos



VOLVO (Suecia):
Antes **Gerentes de Mantenimiento** Fuente: Jan Franlund - Suecia
Ahora **Gerentes de Confiabilidad**
SIDERCA (Argentina):
Ahora **Gerentes de Activos Físicos** Fuente: Enrique Ellmann - Argentina

Mantenimiento

- Definición
  - Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas
- Objetivo
  - Asegurar la competitividad de la empresa por medio de:
    - Asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada
    - Cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad de la empresa
    - Cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente
    - Al máximo beneficio global

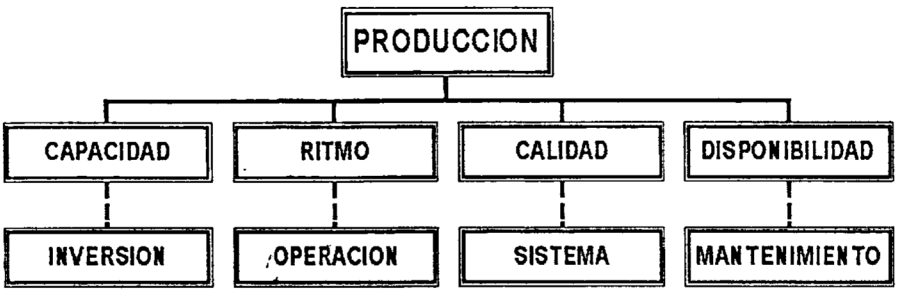
Ellmann y Asociados Uruguay

Objetivo: Competitividad

Ellmann y Asociados Uruguay

Objetivo: Producción

$$P = C * R * Q * D$$



Ellmann y Asociados Uruguay

Efectividad Global de Equipos

$$EGE = R * Q * D \quad \{\%\}$$

- **EGE** Efectividad Global de Equipos
  - **R** Ritmo
  - **Q** Calidad
  - **D** Disponibilidad

Ellmann y Asociados Uruguay

Ritmo

$$R = \frac{CR}{(CR + PV)} \{\%\}$$

- **CR** Capacidad Real
- **PV** Pérdidas de Velocidad ó Ritmo

Ellmann y Asociados Uruguay

Calidad

$$Q = \frac{P1^aC}{(P1^aC + Re)} \{\%\}$$

- **P1ªC** Producción de 1ª Calidad
- **Re** Mermas de Rendimiento (Defectos de Calidad)

Ellmann y Asociados Uruguay

Seguridad de Funcionamiento

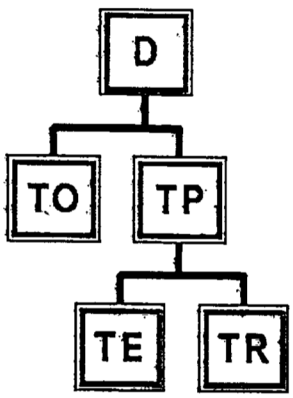
- **Desempeño de la Disponibilidad** **D**
  - **Desempeño de la Confiabilidad** **MTBF**
  - **Desempeño de la Mantenibilidad** **MTTR**
  - **Desempeño de la Soportabilidad** **MWT**
    - ISO 9000-4:1994
    - IEC 300-2

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT}.$$

Ellmann y Asociados Uruguay

Disponibilidad

- D = TO / (TO + TP)
- TP = TE + TR
- D Disponibilidad
- TO Tiempo de Operación
- TP Tiempo de Parada
- TE Tiempo de Espera
- TR Tiempo de Reparación



Ellmann y Asociados Uruguay

Disponibilidad

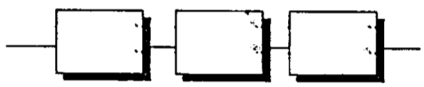
- **MTTF** Tiempo Medio a la Falla
- **MTBF** Tiempo Medio entre Fallas
- **MDT** Tiempo Medio de Parada
- **MTTR** Tiempo Medio de Reparación
- **MWT** Tiempo Medio de Espera

Ellmann y Asociados Uruguay

Disponibilidad de Sistemas

- Sistema Serie

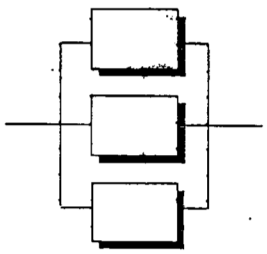
  Ds = D1 * D2 * ... * Dn



- Sistema Paralelo (c/u 1/n)

$$Ds = \frac{p1*D1 + p2*D2 + ... + pn*Dn}{p1 + p2 + ... + pn}$$

  pi = Capacidad del componente i



- Sistema Redundante (c/u 1)

  Ds = 1 - (1 - D1) * (1 - D2) * ... * (1 - Dn)

Ellmann y Asociados Uruguay

Proceso Implantación OIM

- Estrategias
  - Estrategia y organización empresarial
  - Inventario de planta
  - Priorización de equipos
  - Análisis RCM 2
    - **Análisis funcional**
    - **Evaluación de la consecuencias**
    - **Determinación de las estrategias**
    - **Implementación de estrategias**
  - Auditorías de Implementación

Ellmann y Asociados Uruguay

Proceso Implantación OIM

- Talentos Humanos
  - Personal Propio
  - Servicios de terceros ¿Cuándo Tercerizar?
    - **Especificación del servicio** **¿Qué?**
    - **Calificación de proveedores** **¿Quién?**
    - **Formas de contratación** **¿Cómo?**
    - **Criterios de supervisión**
    - **Elementos Objetivos y Defendibles**
- Tendencias
  - Mas flexibilidad y mas polifuncionalidad del personal
  - Tercerización inteligente de servicios de mantenimiento
  - Organizaciones de tipo mixto

Ellmann y Asociados Uruguay

Proceso Implantación OIM

- Recursos Materiales
  - Máquinas y Herramientas
  - Repuestos y Materiales
- Tendencias
  - Reducción del número de proveedores
  - E-Commerce, compras vía Internet
  - RCS - Reliability-centred Spares (Repuestos Centrados en Confiabilidad)

Ellmann y Asociados Uruguay

Proceso Implantación OIM

- Sistemas y Procedimientos
  - Partes:
    - Inventario, registro e historial de equipos
    - Codificación
    - Plan de mantenimiento programado
    - Planificación y programación de intervenciones
    - Control e indicadores de gestión
    - Control de costo-eficacia
    - Análisis técnico y económico de las fallas

Ellmann y Asociados Uruguay

Proceso Implantación OIM

- **Sistemas y Procedimientos**

– **Etapas:**
  - Análisis & Diagnóstico
  - Selección de software
  - Implantación
  - Puesta en marcha

– **Requisitos:**
  - Apoyo de la dirección
  - Organización
  - Participación
  - Sensibilización
  - Planificación

- Cumplir con los requisitos de los **Sistemas Certificados de Gestión**:

• **Calidad**	**Serie ISO 9000**
• **Medio Ambiente**	**Serie ISO 14000**
• **Seguridad**	**Guía UNIT 100 (ISO 18000)**

Ellmann y Asociados Uruguay

RCM 2 , Reliability Centred Maintenance
Aladon Ltd.

- **Mantenimiento centrado en la confiabilidad**

(Cumple con Norma SAE JA 1011, referida a certificación de procesos RCM)

– Es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación

  - **Funciones**
  - **Fallas**
  - **Modos**
  - **Efectos**
  - **Consecuencias**
  - **Estrategias**

Ellmann y Asociados Uruguay

Confiabilidad

- Es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas

- Ningún mantenimiento es capaz de dar más confiabilidad a un equipo que su confiabilidad inherente (diseño ó instalación)

Ellmann y Asociados Uruguay

Confiabilidad

- **Función: Lo que quiero hacer y su estándar de funcionamiento.**

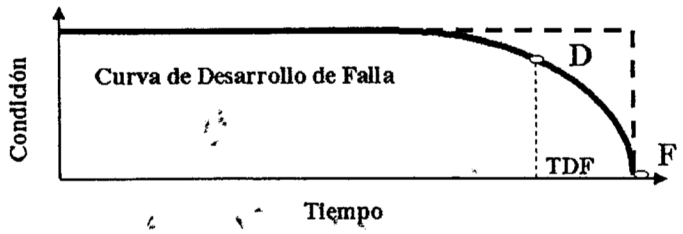
- **Falla: Incapacidad de satisfacer estándar de funcionamiento deseado.**

- **Función Oculta: Aquellas cuyas fallas no son detectables por los operadores bajo circunstancias normales, si se producen por si solas.**

Ellmann y Asociados Uruguay

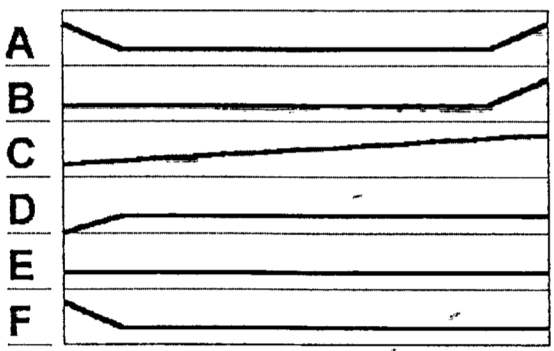
Confiabilidad

- Falla Múltiple: Combinación de la falla de la función oculta y de la función protegida
- Defecto: Condición física identificable que indica una falla ocurriendo o a punto de ocurrir
- Tiempo de Desarrollo de Falla: Intervalo entre Defecto y Falla (TDF)



Ellmann y Asociados Uruguay

Confiabilidad y Tipos de Falla

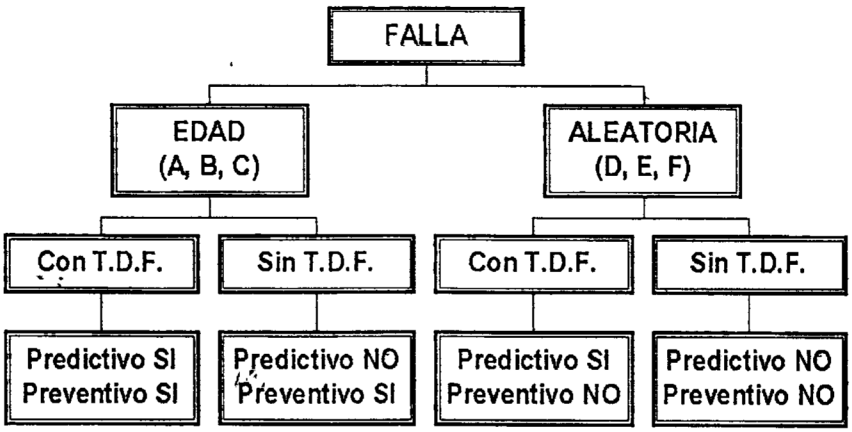


Aviación

- A) 4%
- B) 2%
- C) 5%
- D) 7%
- E) 14%
- F) 68%

Ellmann y Asociados Uruguay

Confiabilidad y Tipos de Falla



Ellmann y Asociados Uruguay

Mantenibilidad

- Es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas

Soportabilidad

- Es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas

Ellmann y Asociados Uruguay

Mantenimiento Estratégico

- Mantenimiento Predictivo (Basado en la Condición)
  - **Inspeccionar los equipos, a intervalos regulares, y tomar acciones para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas, según condición**
    - **Predictivo**
      - Monitoreo de la condición
      - Inspección subjetiva
    - **Reparación a condición**

- Mantenimiento Preventivo (Basado en el Tiempo)
  - **Reacondicionar ó sustituir, a intervalos regulares, un equipo ó sus componentes, independientemente de su estado en ese momento**

Ellmann y Asociados Uruguay

Mantenimiento Estratégico

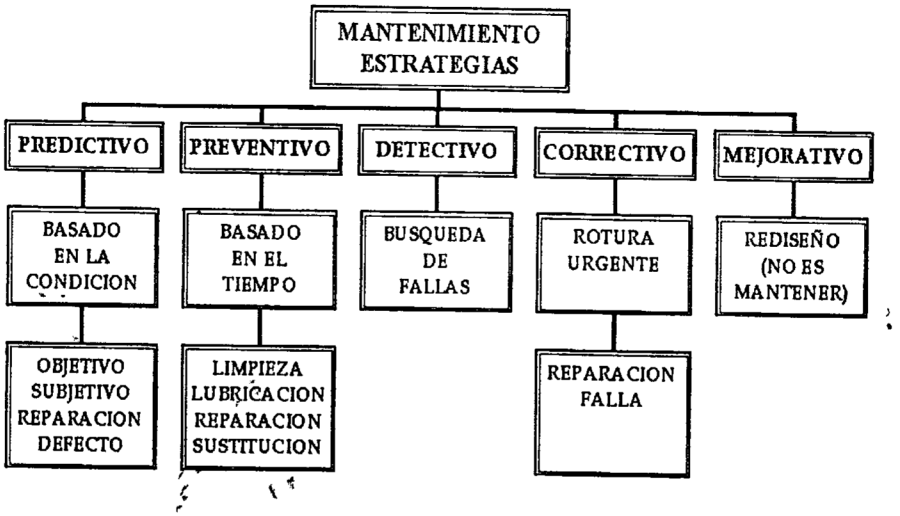
- Mantenimiento Detectivo (Búsqueda de Fallas)
  - **Inspecciones de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si no han fallado y reacondicionarlas en caso de falla**

- Mantenimiento Correctivo (A Rotura)
  - **Es el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado**
    - Reparación de la falla
    - Emergencia, Urgencia

- Mantenimiento Mejorativo (Rediseñar)
  - **Es la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación**
  - No es tarea DE mantenimiento pero LA HACE mantenimiento

Ellmann y Asociados Uruguay

Estrategias de Mantenimiento



Ellmann y Asociados Uruguay

Resultado de implementación RCM 2 (muestra de 1000 causas de falla)

- **Estrategias:**
  - Predictivo 27 %
  - Preventivo 4 %
  - Detectivo 32 %
  - Correctivo 30 %
  - Mejorativo 7 %

- **Consecuencias:**
  - Fallas ocultas 40 %
  - Seguridad y medio ambiente 5 %
  - Operacionales 35 %
  - No operacionales 20 %

Ellmann y Asociados Uruguay

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION

Ing Santiago Sotuyo Blanco
santy@adinet.com.uy
www.ellmann.net

COPIMAN
Comité Panamericano de Ingeniería de Mantenimiento

- Página Web: **http://www.mantener.com**
- Grupo de Correos: **http://www.egroups.com/group/mantener**
  mantener@egroups.com

URUMAN
Grupo Uruguayo de Mantenimiento

- Grupo de Correos: **http://www.egroups.com/group/uruman**
  uruman@egroups.com